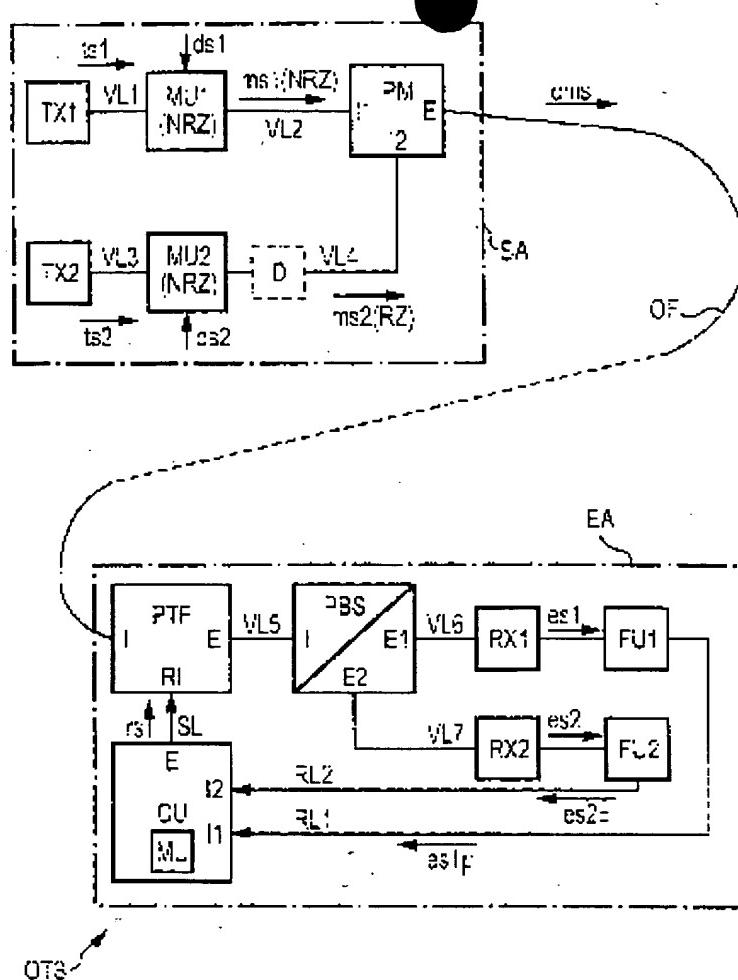


AN: PAT 2003-484903  
TI: Data signal transmission method for optical transmission system uses non-return-to-zero and return-to-zero coding for providing two modulated signals combined as polarization multiplex signal  
PN: EP1298818-A2  
PD: 02.04.2003  
AB: NOVELTY - The data signal transmission method has carrier signals (ts1,ts2) modulated with data signals (ds1,ds2) via a non-return-to-zero coding and a return-to-zero coding to provide two modulated signals (ms1,ms2) with different transmission bit rates and orthogonal polarizations, combined to provide an optical multiplex signal (oms). DETAILED DESCRIPTION - The modulated signals are extracted from the optical multiplex signal at the reception end by a polarization splitter (PBS), receiving the signal via polarization setting element (PTF) provided with a regulating signal (rs) dependent on the frequency of an electrical signal (es1,es2) obtained from one or both of the modulated signals. An INDEPENDENT CLAIM for an optical transmission system is also included.; USE - The method is used for transmission of at least two data signals in an optical transmission system using a polarization multiplex signal. ADVANTAGE - Polarization setting element allows exact separation of modulated signals at reception end of transmission path. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a schematic representation of an optical transmission system for transmission of data signals. Data signals ds1,ds2 Electrical signals es1,es2 Modulated signals ms1,ms2 Optical multiplex signal oms Regulating signal rs Carrier signals ts1, ts2 Polarization splitter PBS Polarization setting element PTF  
PA: (GLIN/) GLINGENER C; (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: GLINGENER C;  
FA: EP1298818-A2 02.04.2003; **DE10147871-B4** 15.01.2004;  
**DE10147871-A1** 30.04.2003; US2003128982-A1 10.07.2003;  
CO: AL; AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; EP; ES; FI; FR; GB;  
GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR;  
US;  
DR: AL; AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR;  
IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR;  
IC: H04B-010/135; H04J-014/06;  
MC: V07-G11; V07-K03; V07-K04; W02-C04A1X; W02-C04A3X;  
W02-C04A7G; W02-C04B1; W02-C04B4; W02-K04;  
DC: V07; W02;  
FN: 2003484903.gif  
PR: DE1047871 28.09.2001;  
FP: 02.04.2003  
UP: 20.01.2004

W.M. 225

1962



1937. 227. 1. 24. 00

2001 P 09973



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 101 47 871 A 1

⑮ Int. Cl. 7:  
H 04 J 14/06

B2

⑯ Aktenzeichen: 101 47 871.2  
⑯ Anmeldetag: 28. 9. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 30. 4. 2003

DE 101 47 871 A 1

⑦ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦ Erfinder:  
Glingener, Christoph, Dr., 83620  
Feldkirchen-Westerham, DE

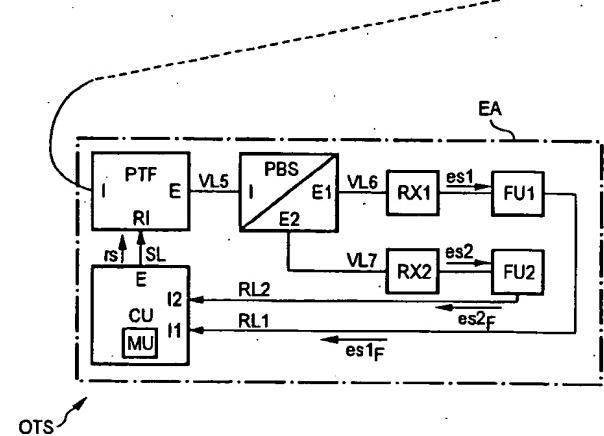
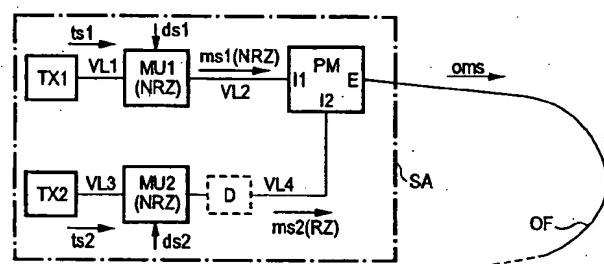
⑥ Entgegenhaltungen:  
WO 01 65 754 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem

⑥ In einem optischen Übertragungssystem (OTS) werden sendeseitig durch Modulation eines ersten Trägersignals (ts1) mit dem ersten Datensignal (ds1) unter Verwendung einer Non-Return-To-Zero-Codierung (NRZ) ein erstes moduliertes Signal (ms1) mit einer ersten Übertragungsbitrate (TR1) und durch Modulation eines zweiten Trägersignals (ts2) mit dem zweiten Datensignal (ds2) unter Verwendung einer Return-To-Zero-Codierung (RZ) ein zweites moduliertes Signal (ms2) mit einer zweiten Übertragungsbitrate (TR2) erzeugt. Das erste und zweite modulierte Signal (ms1, ms2) werden zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms) zusammengefasst und übertragen. Empfangsseitig wird das optische Multiplexsignal (oms) über ein Polarisationsstellschlüsselglied (PTF) an einen Polarisations splitter (PBS) geführt, der das optische Multiplexsignal (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms1, ms2) auf trennt. Das erste modulierte Signal (ms1) wird in ein erstes elektrisches Signal (es1) und das zweite modulierte Signal (ms2) wird in ein zweites elektrisches Signal (es2) umgesetzt, der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei der ersten Übertragungsrate (TR1) entsprechenden Frequenz ermittelt und davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung des Polarisationsstellschlüsselgliedes (PTF) abgeleitet.



DE 101 47 871 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem, dass eine Sendeanordnung und eine Empfangsanordnung aufweist, die über mindestens einen optischen Faserstreckenabschnitt miteinander verbunden sind.

[0002] Bei optischen Übertragungssystemen wird eine Erweiterung der Übertragungskapazität von bereits bestehenden optischen Übertragungssystemen dadurch ermöglicht, daß die optischen Datensignale im Polarisationsmultiplex übertragen werden. Zur Übertragung von optischen Datensignalen im Polarisationsmultiplex werden jeweils zwei Trägersignale in mindestens einer Sendeanordnung mit derselben Wellenlänge erzeugt, die mit jeweils mit einem Datensignal moduliert werden. Das erste und zweite modulierte Signal weisen hierbei eine zueinander orthogonale Polarisation auf. Die zueinander orthogonal polarisierten modulierten Signale werden zu einem optischen Polarisationsmultiplexsignal zusammengefasst. Das optische Polarisationsmultiplexsignal wird in die optische Übertragungsfaser eingekoppelt und über die optische Übertragungsstrecke zu einer Empfangseinheit übertragen. Empfangsseitig werden die beiden orthogonal polarisierten modulierten Signale wellenlängenabhängig und polarisationsabhängig aus dem Polarisationsmultiplexsignal rückgewonnen.

[0003] Die exakte Trennung der beiden orthogonal polarisierten modulierten Signale aus dem Polarisationsmultiplexsignal stellt hierbei eines der wesentlichen Probleme bei der Übertragung von optischen Datensignalen im Polarisationsmultiplex dar.

[0004] Hierzu ist es erforderlich, aus dem empfangenen optischen Polarisationsmultiplexsignal ein Regelkriterium zur Regelung eines empfangsseitig angeordneten Polarisationsstellgliedes zu ermitteln. Mit Hilfe des geregelten Polarisationstransformators und beispielsweise eines nachfolgenden Polarisationssplitters oder eines Polarisationsfilters werden die zueinander orthogonal polarisiert übertragenen modulierten Signale getrennt.

[0005] Für die empfangsseitige Regelung der Trennung der beiden orthogonal polarisierten modulierten Signale sind unterschiedliche Regelkriterien bekannt. Aus der Veröffentlichung "Optical polarisation division multiplexing at 4 GB/S", von Paul M. Hill et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 ist die Verwendung von kohärenten Techniken in Kombination mit Pilottonen zur Rekonstruktion bzw. Trennung der polarisationsgemultplexten optischen Signale bekannt. Ferner ist aus der Veröffentlichung "Fast Automatic Polarization Control System", Heismann and Whalen, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 eine Trennung der polarisationsgemultplexten optischen Datensignale anhand eines aus dem wiedergewonnenen Takt sowie den empfangenen optischen Signalen erzeugten Korrelationssignals bekannt.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung ist darin zu sehen, ein neuartiges Verfahren bzw. eine neuartiges optisches Übertragungssystem für die Übertragung von hochbitratigen optischen Signalen im Polarisationsmultiplex anzugehen.

[0007] Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein optisches Übertragungssystem gemäß Patentanspruch 5 gelöst.

[0008] Der wesentliche Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, daß zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem in einem ersten Schritt sendeseitig durch Modulation eines ersten Trägersignals mit dem ersten Datensignal unter Ver-

wendung einer Non-Return-To-Zero-Codierung ein erstes moduliertes Signal mit einer ersten Übertragungsbitrate und durch Modulation eines zweiten Trägersignals mit dem zweiten Datensignal unter Verwendung einer Return-To-

- 5 Zero-Codierung ein zweites moduliertes Signal mit einer zweiten Übertragungsbitrate erzeugt wird. In einem zweiten Schritt werden das erste und zweite modulierte Signal zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal zusammengefasst und übertragen. In einem dritten Schritt wird empfangsseitig das optische Multiplexsignal über ein Polarisationsstcllglied an einen Polarisationsplitter geführt, der das optische Multiplexsignal in das erste und zweite modulierte Signal auftrennt. In einem vierten Schritt werden das erste modulierte Signal in ein erstes elektrisches Signal und das zweite modulierte Signal in ein zweites elektrisches Signal umgesetzt und in einem fünften Schritt wird der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals bei der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz ermittelt sowie davon mindestens ein Regelsignal zur Regelung des Polarisationsstellgliedes abgeleitet. Durch das erfundungsgemäße Verfahren wird besonders vorteilhaft zur exakten empfangsseitigen Trennung eines ersten und zweiten, im Polarisationsmultiplex übertragenen modulierten Signals zumindest ein empfangsscitig angordnetes Polarisationsstcllglied geregelt. Hierzu wird die Eigenschaft des Modulationsprozesses bei der digitalen Signalübertragung ausgenutzt, daß die für die Modulation verwendete Codierung das Spektrum des modulierten Signals abhängig von der Codierung verändert.
- 10 Durch die erfundungsgemäße Wahl zweier unterschiedlicher Codierungen, der Non-Return-To-Zero-(NRZ)- und der Return-To-Zero-(RZ)-Codierung, entstehen bei der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz unterschiedliche Spektrenverläufe für das erste und zweite modulierte Signal. Das Spektrum des NRZ-codierten modulierten Signals weist ein Minimum bei der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz auf, wohingegen das RZ-codierte modulierte Signal nahezu über den gesamten Spektralbereich denselben Wert aufweist. Die Amplitude dieser spektralen Anteile wird erfundungsgemäß zur Bildung zumindest eines Regelsignals für die Steuerung des Polarisationsstellgliedes ausgewertet. Hierbei wird das Polarisationsstcllglied beispielsweise mit Hilfe des mindestens einen Regelsignals derart geregelt, daß die Amplitude des ersten elektrischen Signals ein Minimum und die Amplitude des zweiten elektrischen Signals bei der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz ein Maximum aufweist. In diesem Fall werden das erste und das zweite modulierte Signal durch den Polarisationsplitter nahezu perfekt getrennt.
- 15 [0009] Vorteilhaft wird das erste oder zweite modulierte Signal sendeseitig verzögert, wodurch eine effektive Dekorrelation des ersten und zweiten modulierten Signals erreicht wird. Hierdurch kann die Schärfe des Regelkriteriums zusätzlich erhöht werden.
- 20 [0010] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal mindestens ein Pilottonsignal überlagert wird. Vorteilhaft wird dem ersten und/oder zweiten modulierten Signal ein Pilotton mit einer festgelegten Frequenz überlagert, anhand dessen nach der sendeseitigen Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals mit Hilfe des Polarisationssplitters und der Umsetzung in ein erstes und zweites elektrisches Signal eine eindeutige Identifizierung des ersten und zweiten elektrischen Signals als solche möglich wird. Alternativ können zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals die erste und das zweite Übertra-

gungsbitrate unterschiedlich hoch gewählt werden. In der alternativen Ausführungsform wird das jeweilige elektrische Signal vorteilhaft anhand seiner individuellen Übertragungsbitrate identifiziert.

[0011] Zusätzliche vorteilhafte Ausgestaltungen des erfundungsgemäßen Verfahrens, insbesondere ein optisches Übertragungssystem zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0012] Ausführungsbeispiele des erfundungsgemäßen Verfahrens sowie des erfundungsgemäßen optischen Übertragungssystems sind im folgenden anhand eines Prinzipschaltbildes und mehreren Diagrammen näher erläutert.

[0013] Fig. 1 zeigt beispielhaft ein optisches Übertragungssystem zur Übertragung mindestens eines ersten und zweiten Datensignals im Polarisationsmultiplex,

[0014] Fig. 2 zeigt beispielhaft das Spektrum des ersten und zweiten modulierten optischen Signals, und

[0015] Fig. 3 zeigt den Amplitudenverlauf des ermittelten spektralen Anteils bei der der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz in Abhängigkeit des Polarisationswinkels.

[0016] In Fig. 1 ist beispielhaft ein optisches Übertragungssystem OTS schematisch dargestellt, das eine Sendeanordnung SA sowie eine über eine optische Übertragungsstrecke OF angeschlossene Empfangsanordnung EA aufweist. In der Sendeanordnung SA sind beispielhaft eine erste und zweite Signalerzeugungseinheit TX1, TX2, eine erste und zweite Modulatoreinheit MU1, MU2, ein Verzögerungselement D, sowie ein Polarisationsmultiplexer PM vorgesehen. Die Empfangsanordnung EA umfasst ein Polarisationsstellschlüsselglied PTF, einen Polarisations splitter PBS, einen ersten und zweiten opto-elektrischen Wandler RX1, RX2, eine erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 und eine Regeleinheit CU.

[0017] Die erste Signalerzeugungseinheit TX1 der Sendeanordnung SA ist über eine erste Verbindungsleitung VL1 an die erste Modulatoreinheit MU1 angeschlossen, die über eine zweite Verbindungsleitung VL2 mit dem ersten Eingang 11 des Polarisationsmultiplexers PM verbunden ist. Die zweite Signalerzeugungseinheit TX2 ist über eine dritte Verbindungsleitung VL3 mit der zweiten Modulatoreinheit MU2 verbunden, die über ein Verzögerungselement D durch eine vierte Verbindungsleitung VL4 an den zweiten Eingang E2 des Polarisationsmultiplexers PM angeschlossen ist. Das Verzögerungselement D ist nur optional vorgesehen, was in Fig. 1 durch eine strichliert gezeichneten Linie dargestellt ist.

[0018] An den Ausgang E des Polarisationsmultiplexers PM ist der Eingang der optischen Übertragungsstrecke OF angeschlossen, deren Ausgang an den Eingang I des Polarisationsstellschlüsselgliedes PTF der Empfangsanordnung EA geführt ist. Hierbei kann die optische Übertragungsstrecke OF aus mehreren, nicht in Fig. 1 dargestellten optischen Übertragungsstreckenabschnitten bestehen (in Fig. 1 durch eine strichlierte Linie angedeutet).

[0019] Der Ausgang E des Polarisationsstellschlüsselgliedes PTF ist über eine fünfte Verbindungsleitung VL5 an den Eingang I des Polarisationssplitters PBS angeschlossen, dessen erster Ausgang E1 über eine sechste Verbindungsleitung VL6 an den Eingang des ersten opto-elektrischen Wandlers RX1 und dessen zweiter Ausgang E2 über eine siebte Verbindungsleitung VL7 an den Eingang des zweiten opto-elektrischen Wandlers RX2 geführt ist. Die Ausgänge des ersten bzw. zweiten opto-elektrischen Wandlers RX1, RX2 sind an die Eingänge der ersten bzw. zweiten Filtereinheit FU1, FU2 geführt. Die erste Filtereinheit FU1, sowie die zweite Filtereinheit FU2 sind beispielsweise über eine erste bzw. eine

zweite Regelleitung RL1, RL2 mit dem ersten bzw. zweiten Eingang I1, I2 der Regeleinheit CU verbunden, deren Ausgang E über eine Steuerleitung SL an den Regeleingang RI des Polarisationsstellschlüsselgliedes PTF angeschlossen ist. Außerdem weist die Regeleinheit CU beispielsweise eine Meßeinheit MU auf.

[0020] In der ersten Signalerzeugungseinheit TX1 wird ein erstes Trägersignal ts1 erzeugt, das von der ersten Signalerzeugungseinheit TX1 über die erste Verbindungsleitung VL1 an die erste Modulatoreinheit MU1 geführt wird. Zusätzlich wird an die erste Modulatoreinheit MU1 ein erstes Datensignal ds1 geführt, mit dem das erste Trägersignal ts1 unter Verwendung einer Non-Return-Zero-Codierung NRZ moduliert wird und hierdurch ein erstes moduliertes Signal ms1(NRZ) erzeugt wird, das über die zweite Verbindungsleitung VL2 an den ersten Eingang 11 des Polarisationsmultiplexers PM gesteuert wird. Das erste modulierte Signal ms1(NRZ) weist eine erste Übertragungsbitrate TR1, beispielsweise 10 Gbit/s, auf.

[0021] In der zweiten Signalerzeugungseinheit TX2 wird ein zweites Trägersignal ts2 erzeugt. Das zweite Trägersignal ts2 wird über die dritte Verbindungsleitung VL3 der zweiten Modulatoreinheit MU2 zugeführt. Der zweiten Modulatoreinheit MU2 wird ebenfalls ein zweites Datensignal ds2 zur Weiterverarbeitung zugeführt. In der zweiten Modulatoreinheit MU2 wird das zweite Trägersignal ts2 mit dem zweiten Datensignal ds2 unter Verwendung einer Return-To-Zero-Codierung RZ moduliert und hierdurch ein zweites moduliertes Signal ms2(RZ) erzeugt, das über das Verzögerungselement D, sowie die vierte Verbindungsleitung VL4 an den zweiten Eingang 12 des Polarisationsmultiplexers PM gesteuert wird. Das zweite modulierte Signal ms2(RZ) weist eine zweite Übertragungsbitrate TR2 auf, die mit der ersten Übertragungsbitrate TR1 übereinstimmt, d. h. einen Wert von beispielsweise 10 Gbit/s annimmt. Die erste und zweite Übertragungsbitrate TR1, TR2 können auch unterschiedlich gewählt werden, wodurch empfangsseitig die Unterscheidung des mit Hilfe des Polarisations splitters PBS getrennten ersten und zweiten optischen Signals es1, es2 erleichtert wird.

[0022] Das am Ausgang der zweiten Modulatoreinheit MU2 abgegebene zweite modulierte Signal ms2(RZ) wird mit Hilfe des Verzögerungselementes D verzögert, wodurch das erste und zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) sendeseitig dekorreliert werden können.

[0023] Bei der Erzeugung des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) wird die Polarisation derart voreingestellt, daß diese zueinander orthogonal polarisiert sind und somit im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsstrecke OF zur Empfangsanordnung EA übertragen werden können. Zur Orthogonalisierung der Polarisation des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) können beispielsweise empfangsseitig ein oder mehrere Polarisationsstellschlüsselglieder vorgesehen sein (nicht in Fig. 1 dargestellt). Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich, zumal mit Hilfe von modernen Signalerzeugungseinheiten TX1, TX2 bereits optische Signale mit einer vorgegebenen Polarisation erzeugt werden können.

[0024] Das erste und zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) werden mit Hilfe des Polarisationsmultiplexers PM zu einem optischen Multiplexsignal oms zusammengefasst, das am Ausgang E des Polarisationsmultiplexers PM auf die optische Übertragungsstrecke OF gegeben wird. So mit werden das erste und zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) in Form des optischen Multiplexsignals oms im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsstrecke OF übertragen.

[0025] In der Empfangsanordnung EA wird das optische

Multiplexsignal oms an den Eingang I des Polarisationsstellsgliedes PTF geführt, mit dessen Hilfe die Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) innerhalb des optischen Multiplexsignals oms geregelt werden kann. Nach der Einstellung der Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) innerhalb des optischen Multiplexsignals oms wird das optische Multiplexsignal oms über die fünfte Verbindungsleitung VL5 an den Eingang I des Polarisationssplitters PBS geführt, der das optische Multiplexsignal oms in das erste modulierte und das zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) aufspaltet. Die Genauigkeit der Aufspaltung des optischen Multiplexsignals oms in das erste modulierte und das zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) ist abhängig von der Orthogonalität der Polarisation des ersten modulierten und des zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ).

[0026] Das erste modulierte Signal ms1(NRZ) wird am ersten Ausgang E1 des Polarisationssplitters PBS abgegeben und über die sechste Verbindungsleitung VL6 an den ersten opto-elektrischen Wandler RX1 geführt. Analog hierzu wird am zweiten Ausgang E2 des Polarisationssplitters PBS das zweite modulierte Signal ms2(RZ) abgegeben und über die siebte Verbindungsleitung VL7 an den zweiten opto-elektrischen Wandler RX2 übertragen.

[0027] Das rückgewonnene erste und zweite modulierte Signal ms1(NRZ), ms2(RZ) werden durch den ersten bzw. zweiten optoelektrischen Wandler RX1, RX2 in ein erstes bzw. zweites elektrisches Signal es1, es2 umgesetzt, die an die erste bzw. zweite Filtereinheit FU1, FU2 geführt werden. Durch die unterschiedlichen Codierungsarten – NRZ-Codierung bei dem ersten modulierten Signal ms1(NRZ) und RZ-Codierung bei dem zweiten modulierten Signal ms2(RZ) – bei der Modulation des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) weisen deren Spektren bei der der ersten Übertragungsbitrate TR1 entsprechenden Frequenz  $f_M$ , im betrachteten Ausführungsbeispiel  $f_M = 10 \text{ GHz}$ , unterschiedliche Ausprägungen auf. Mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU1, FU2 wird dieser spektrale Anteil des ersten und des zweiten elektrischen Signals es1, es2 bei der der ersten Übertragungsbitrate TR1 entsprechenden Frequenz  $f_M$  ermittelt und das gefilterte erste und zweite elektrische Signal es1<sub>F</sub>, es2<sub>F</sub> über die erste und zweite Regelleitung RL1, RL2 an die Regeleinheit CU übertragen. Die erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 sind hierzu beispielsweise als Bandpaßfilter mit einer der ersten Übertragungsbitrate TR1 entsprechenden Mittenfrequenz  $f_M$  (im betrachteten Ausführungsbeispiel beispielsweise  $f_M = 10 \text{ GHz}$ ) und einer Bandbreite von beispielsweise 1 GHz um die Mittenfrequenz  $f_M$  ausgestaltet.

[0028] In der Regeleinheit CU wird mit Hilfe des Meßeinheit MU die Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals es1<sub>F</sub>, es2<sub>F</sub> bestimmt und hieraus mindestens ein Regelsignal rs zur Regelung des Polarisationsstellsgliedes PTF abgeleitet, das über die Steuerleitung SL an den Regeleingang RI des Polarisationsstellsgliedes PTF geführt wird. Zur Bildung des Regelsignals rs kann beispielsweise die Spannungsamplitude oder die Stromamplitude oder die Leistungsamplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals es1<sub>F</sub>, es2<sub>F</sub> gemessen und ausgewertet werden.

[0029] Hierbei wird durch das über das Regelsignals rs gesteuerte Polarisationsstellsglied PTF die Polarisation des optischen Multiplexsignals oms derart verändert, dass die durch die Meßeinheit MU der Regeleinheit CU ermittelte Amplitude des gefilterten ersten elektrischen Signals es1<sub>F</sub> minimal wird und/oder die Amplitude des gefilterten zweiten elektrischen Signals es2<sub>F</sub> maximal wird. Ist dieses Mini-

mum bzw. Maximum erreicht, so bedeutet dies, dass die Empfangsanordnung EA bestehend aus dem Polarisationsstellsglied PTF und dem Polarisationssplitters PBS zur Trennung des ersten modulierten Signals ms1(NRZ) und des zweiten modulierten Signals ms2(RZ) optimal eingestellt ist. Durch die in Fig. 1 dargestellte Anordnung wird somit eine exakte empfangsseitige Trennung des zueinander orthogonal polarisierten übertragenen ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) möglich.

[0030] In Fig. 2a) und b) ist beispielhaft in zwei Diagrammen die spektrale Leistungsdichte des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) über der Frequenz  $f$  aufgetragen. An der Abszisse der Diagramme ist jeweils die Frequenz  $f$  in [GHz] und an der Ordinate der Diagramme jeweils die spektrale Leistungsdichte  $P$  in [dBm/THz] angebracht. In Fig. 2a) ist die spektrale Leistungsdichte  $P$  des ersten NRZ-codierten modulierten Signals ms1(NRZ) und in Fig. 2b) die spektrale Leistungsdichte des zweiten, RZ-codierten modulierten Signals ms2(RZ) dargestellt. Aus den in Fig. 2a) und b) dargestellten Spektrumsverläufen wird die durch die unterschiedliche Codierung hervorgerufene unterschiedlichen Ausprägung des Spektrums des ersten modulierten Signals ms1(NRZ) im Vergleich zum Spektrum des zweiten modulierten Signals ms2(RZ) bei der ersten Übertragungsbitrate entsprechenden Frequenz, im dargestellten Ausführungsbeispiel bei  $f_M = 10 \text{ GHz}$ , deutlich. Die in Fig. 2 dargestellte spektrale Leistungsdichte zeigt deutlich, dass zur optimalen empfangsseitigen Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(NRZ), ms2(RZ) mit Hilfe des geregelten Polarisationsstellsgliedes PTF die Polarisation innerhalb des optischen Multiplexsignals oms derart einzustellen ist, dass beispielsweise das erste gefilterte Signal es1<sub>F</sub> ein Minimum annimmt und/oder das zweite gefilterte Signal es2<sub>F</sub> maximal wird.

[0031] In Fig. 3 ist der Amplitudenverlauf AV in logarithmischem Maßstab [dB] des ermittelten spektralen Anteils, beispielsweise der Leistungsamplitude des gefilterten ersten oder zweiten elektrischen Signals es1<sub>F</sub>, es2<sub>F</sub> bei der ersten Übertragungsbitrate TR1 entsprechenden Frequenz  $f_M$  in Abhängigkeit des Polarisationswinkels  $\alpha$  in einem Diagramm dargestellt. An der Abszisse des Diagramms ist der Polarisationswinkel  $\alpha$  und an der Ordinate die Amplitude  $P$  in [dB] angebracht. Der Amplitudenverlauf AV weist ein Minimum MIN bei einem Polarisationswinkel von  $\alpha = 0^\circ$  auf, d. h. wird das erste modulierte, NRZ-codierte Signal ms1(NRZ) betrachtet, so ist bei einer Polarisationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal es1, es2 von  $0^\circ$  die Polarisation perfekt erfasst. Ist der dargestellte Amplitudenverlauf AV jedoch bezogen auf das zweite modulierte, RZ-codierte Signal ms2(RZ), so ist dessen Polarisation bei einer Polarisationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal es1, es2 von  $90^\circ$  und somit bei dem dargestellten Maximum MAX des Amplitudenverlaufs AV perfekt erfasst. Bei Annahme des Minimums MIN und/oder auch des Maximums MAX sind das innerhalb des optischen Modulationssignals oms übertragene erste und zweite modulierte Signal ms1, ms2 empfangsseitig ideal orthogonal polarisiert und können somit nahezu perfekt mit Hilfe des Polarisationssplitters PBS getrennt werden. Alle anderen Polarisationswinkel  $\alpha$  sind bei der Regelung unerwünscht und führen bei der empfangsseitigen Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals ms1, ms2 zu Übersprechen.

[0032] Durch die mit Hilfe des in der Sendeanordnung SA optional vorgesehenen Verzögerungselementen D durchgeführte Verzögerung beispielsweise des zweiten modulierten Signals ms2 wird der in Fig. 3 dargestellte Amplitudenver-

lauf noch kontrastreicher, wodurch ein noch schärferes Regelsignal rs in der Regeleinheit CU gebildet werden kann. Hierzu können wahlweise das erste oder das zweite modulierte Signal ms1, ms2 mit Hilfe eines Verzögerungselements D verzögert werden.

[0033] Zusätzlich können sowohl das erste und das zweite gefilterte elektrische Signal es<sub>1F</sub>, es<sub>2F</sub> zur Bildung zumindest eines Regelsignals rs ausgewertet werden.

[0034] Darüber hinaus ist eine zusätzliche Filterung des ersten und zweiten elektrischen Signals es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub> bei weiteren Frequenzen ncbn der ersten Übertragungsbitrate TR1 entsprechenden Frequenz f<sub>M</sub> mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU1, FU2 oder weiterer Filtereinheiten FUx möglich, um hierdurch weitere Informationen über die Polarisation des ersten und zweiten elektrischen Signals es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub> zu erhalten. Diese weiteren Informationen können anschließend zur Erhöhung des Kontrastes des mindestens einen Regelsignals rs weiterverarbeitet werden.

[0035] Zur empfangsseitigen Unterscheidung des mit Hilfe des Polarisationsplitters PBS getrennten ersten und zweiten elektrischen Signals es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub> kann sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal ts<sub>1</sub>, ts<sub>2</sub> oder dem ersten und zweiten modulierten Signal ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub> mindestens ein Pilottonsignal überlagert werden. Hierbei wird durch die empfangsseitige Identifizierung des Pilottonsignals das erste 25 und zweite elektrische Signal es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub> als solches identifiziert und kann anschließend signalspezifisch weiterverarbeitet werden.

#### Patentansprüche

trischen Signals (es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub>) bei der der ersten Übertragungsbitrate (TR1) entsprechenden Frequenz (f<sub>M</sub>) ermittelt wird und

dass die Amplitude des ersten elektrischen Signals (es<sub>1</sub>) auf ein Minimum (MIN) und/oder die Amplitude des zweiten elektrischen Signals (es<sub>2</sub>) auf ein Maximum (MAX) geregelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste oder zweite modulierte Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) sendeseitig zur Dekorrelation verzögert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals (es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub>) sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal (ts<sub>1</sub>, ts<sub>2</sub>) oder modulierten Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) mindestens ein Pilottonsignal überlagert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals die erste und zweite Übertragungsbitrate (TR1, TR2) unterschiedlich hoch gewählt werden.

6. Optisches Übertragungssystem (OTS) zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds<sub>1</sub>, ds<sub>2</sub>) im Polarisationsmultiplex mit einer Sendeanordnung (SA) und einer Empfangsanordnung (EA), die über mindestens einen optischen Faserstreckenabschnitt (OF) verbunden sind,

bei dem die Sendeaneordnung (SA) mindestens eine Signalerzeugungseinheit ('IX1, 'IX2) zur Erzeugung eines ersten und zweiten Trägersignals (ts<sub>1</sub>, ts<sub>2</sub>) aufweist, der mindestens eine Modulatoreneinheit (MU1, MU2) zur Erzeugung eines ersten, einer ersten Übertragungsbitrate (TR1) aufweisenden modulierten Signals (ms<sub>1</sub>) durch Modulation mit Non-Return-To-Zero-Codierung des ersten Trägersignals (ts<sub>1</sub>) mit dem ersten Datensignal (ds<sub>1</sub>) und zur Erzeugung eines zweiten, einer zweiten Übertragungsbitrate (TR2) aufweisenden modulierten Signals (ms<sub>2</sub>) durch Modulation mit Return-To-Zero-Codierung des zweiten Trägersignals (ts<sub>2</sub>) mit dem zweiten Datensignal (ds<sub>2</sub>) nachgeschaltet ist, wobei das erste und zweite modulierte Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) zueinander orthogonal polarisiert sind,

bei dem in der Sendeaneordnung (SA) der mindestens einen Modulatoreneinheit (MU1, MU2) ein Polarisationsmultiplexer (PM) zum Zusammenfassen des ersten und zweiten modulierten, zueinander orthogonal polarisierten Signals (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) zu einem optischen Multiplexsignal (oms) nachgeschaltet ist,

bei dem in der Empfangsanordnung (EA) mindestens ein Polarisationsstellglied (OTF) zur Einstellung der Orthogonalität der Polarisation des ersten und zweiten modulierten Signals (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) und ein diesem nachgeschalteter, einen ersten und zweiten Ausgang (E1, E2) aufweisender Polarisationsplitter (PBS) zur Aufspaltung des optischen Multiplexsignals (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) vorgesehen sind, an dessen ersten Ausgang (E1) ein erster opto-elektrischer Wandler (RX1) zur Umsetzung des ersten modulierten Signals (ms<sub>1</sub>) in ein erstes elektrisches Signal (es<sub>1</sub>) und an dessen zweiten Ausgang (E2) ein zweiter opto-elektrischer Wandler (RX2) zur Umsetzung des zweiten modulierten Signals (ms<sub>2</sub>) in ein zweites elektrisches Signal (es<sub>2</sub>) angeschlossen sind und

bei dem an den ersten und/oder den zweiten optoelektrischen Wandler (RX1, RX2) eine Filtereinheit (FU1, FU2) zur Ermittlung des spektralen Anteils des ersten

#### 1. Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds<sub>1</sub>, ds<sub>2</sub>) im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem (OTS),

35 bei dem in einem ersten Schritt sendeseitig durch Modulation eines ersten Trägersignals (ts<sub>1</sub>) mit dem ersten Datensignal (ds<sub>1</sub>) unter Verwendung einer Non-Return-To-Zero-Codierung (NRZ) ein erstes moduliertes Signal (ms<sub>1</sub>) mit einer ersten Übertragungsbitrate (TR1) und durch Modulation eines zweiten Trägersignals (ts<sub>2</sub>) mit dem zweiten Datensignal (ds<sub>2</sub>) unter Verwendung einer Return-To-Zero-Codierung (RZ) ein zweites moduliertes Signal (ms<sub>2</sub>) mit einer zweiten Übertragungsbitrate (TR2) erzeugt wird,

45 bei dem in einem zweiten Schritt das erste und zweite modulierte Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms) zusammengefasst und übertragen werden,

50 bei dem in einem dritten Schritt empfangsseitig das optische Multiplexsignal (oms) über einen Polarisationsstellglied (PTF) an einen Polarisationsplitter (PBS) geführt wird, der das optische Multiplexsignal (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms<sub>1</sub>, ms<sub>2</sub>) auftrennt,

55 bei dem in einem vierten Schritt das erste modulierte Signal (ms<sub>1</sub>) in ein erstes elektrisches Signal (es<sub>1</sub>) und das zweite modulierte Signal (ms<sub>2</sub>) in ein zweites elektrisches Signal (es<sub>2</sub>) umgesetzt werden,

60 bei dem in einem fünften Schritt der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es<sub>1</sub>, es<sub>2</sub>) bei der der ersten Übertragungsbitrate (TR1) entsprechenden Frequenz (f<sub>M</sub>) ermittelt wird und davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung des Polarisationsstellgliedes (PTF) abgeleitet wird.

65 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude (P) des ersten und des zweiten elek-

und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei der der ersten Übertragungsbitrate (TR1) entsprechenden Frequenz vorgesehen ist, an die eine Regeleinheit (CU) zur Bildung mindestens eines Regelsignals (rs) aus dem gefilterten spektralen Anteil (es<sub>1F</sub>, es<sub>2F</sub>) 5 zur Regelung des Polarisationsstelligliedes (PTF) angeschlossen ist.

7. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des mindestens einen Regelsignals (rs) in der Regeleinheit (CU) 10 eine Meßeinheit (MU) zur Ermittlung der Amplitude des gefilterten spektralen Anteils des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es<sub>1F</sub>, es<sub>2F</sub>) vorgesehen ist.

8. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 6 15 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinheit (FU1, FU2) als Bandpaßfilter mit einer der ersten Übertragungsbitrate (TR1) des ersten Datensignals (ds1) entsprechenden Mittenfrequenz (f<sub>M</sub>) ausgestaltet ist.

9. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Filtereinheiten (FU1, FU2) an den ersten und/oder den zweiten opto-elektrischen Wandler (RX1, RX2) zur Ermittlung von weiteren spektralen Anteilen des ersten 25 und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei unterschiedlichen Frequenzen (f) vorgesehen sind, die zusätzlich zur Bildung des mindestens eines Regelsignals (rs) in der Regeleinheit (CU) ausgewertet werden. 30

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE IS BLANK (USPTO)

FIG 1

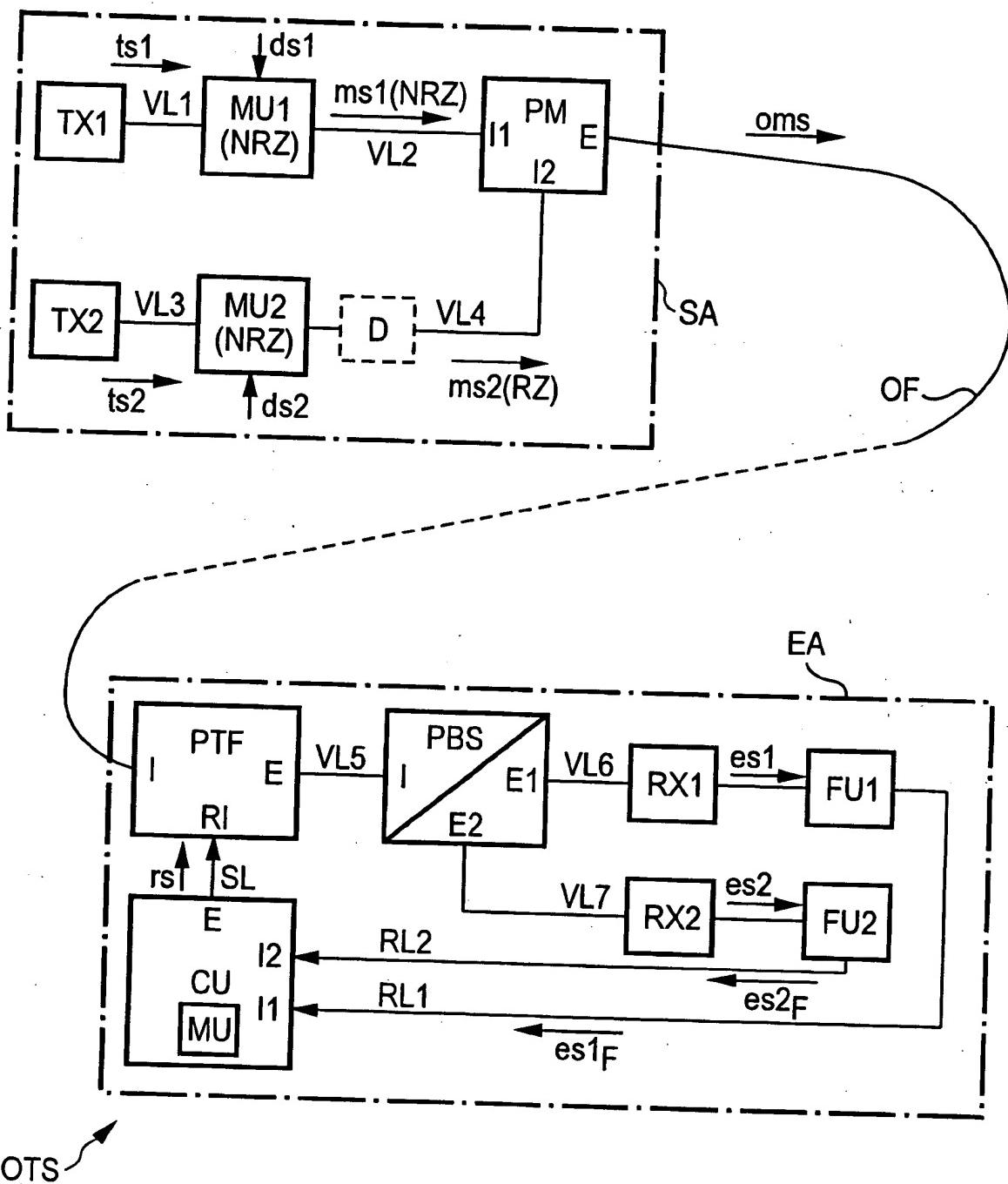


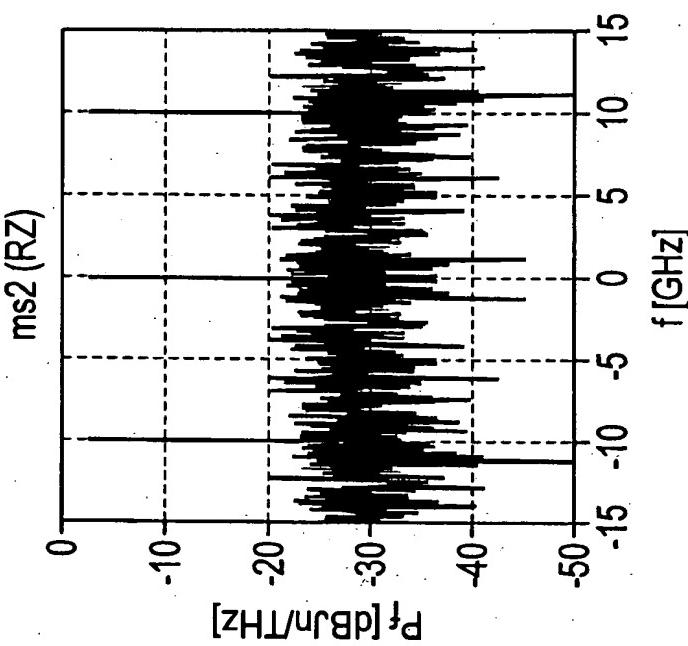
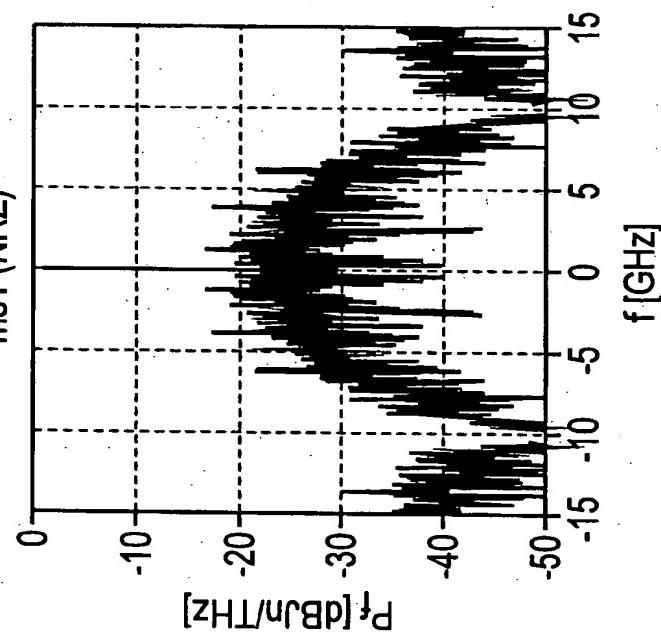
FIG 2A  
FIG 2B

FIG 3

